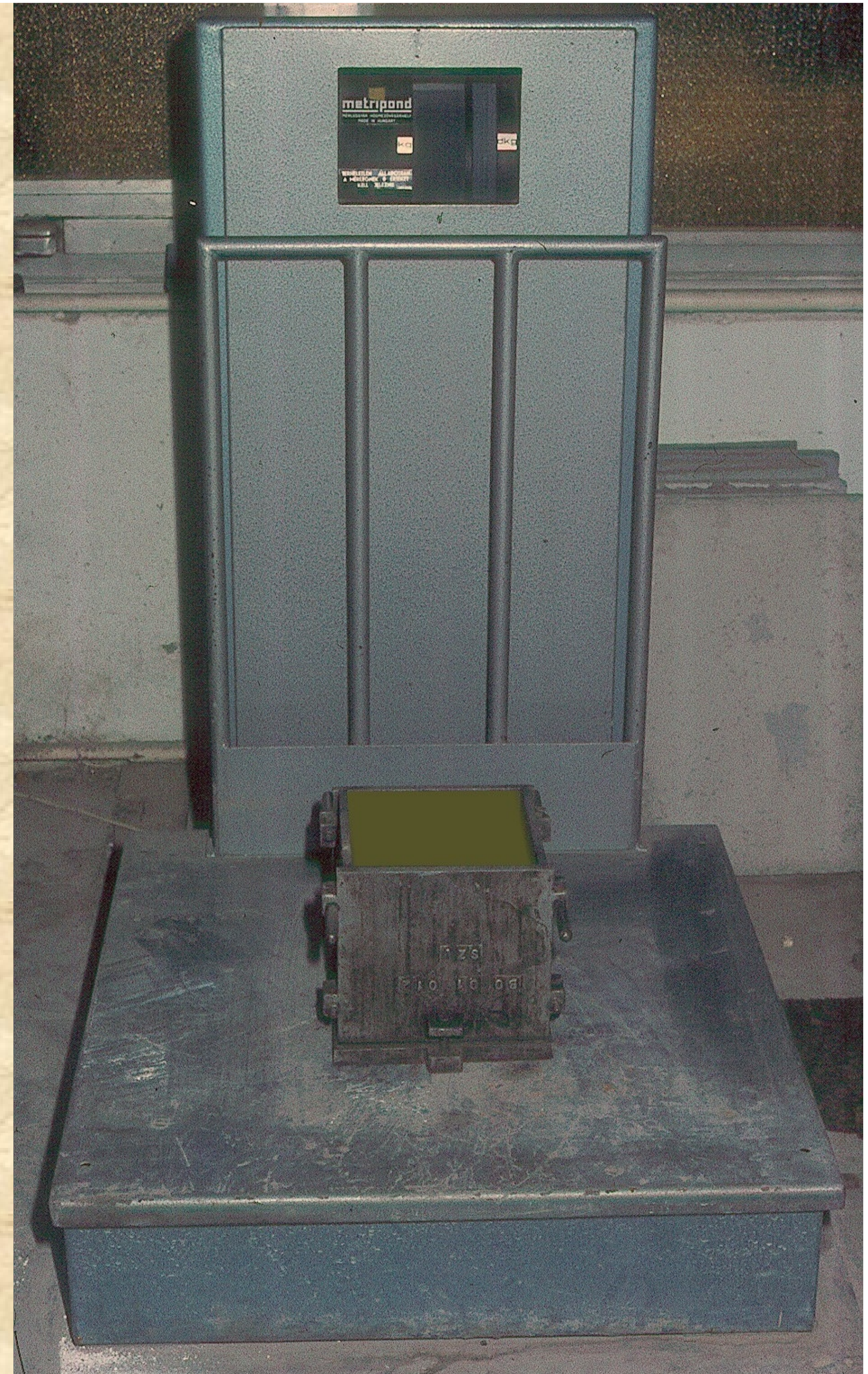
A BEDOLGOZOTT FRISS BETON LEVEGŐTARTALMA

A friss beton levegőtartalmának meghatározása testsűrűségmérés eredményéből számítással



A levegőtartalom *tervezett* értéke:

$$V_{levegő} = 1000 - \frac{M_{cement}}{\rho_{cement}} - \frac{M_{adalékanyag}}{\rho_{adalékanyag}} - \frac{M_{víz}}{\rho_{víz}} \quad [liter / m^3]$$

A bedolgozott friss beton *tervezett* testsűrűsége:

$$\rho_{friss\ beton\ tervezett} = M_{cement} + M_{adalékanyag} + M_{víz} \quad [kg / m^3]$$

A friss beton tapasztalati és tervezett testsűrűségének hányadosa:

$$r = \frac{\rho_{friss\ beton\ tapasztalati}}{\rho_{friss\ beton\ tervezett}} \quad azaz$$

$$\rho_{friss\ beton\ tapasztalati} = r \cdot \rho_{friss\ beton\ tervezett}$$

A bedolgozott friss beton *tapasztalati* (tényleges) testsűrűsége:

$$\rho_{friss\ beton\ tapasztalati} = M'_{cement} + M'_{adalékanyag} + M'_{víz} =$$

$$= r \cdot \rho_{friss\ beton\ tervezett} = r \cdot \left(M_{cement} + M_{adalékanyag} + M_{víz}\right) =$$

$$= r \cdot M_{cement} + r \cdot M_{adalékanyag} + r \cdot M_{víz} \quad [kg/m^3]$$

A bedolgozott friss beton *tapasztalati* (tényleges) levegőtartalma:

$$V'_{levegő} = 1000 - r \cdot (betonösszetevők\ tervezett\ térfogata) =$$

$$= 1000 - r \cdot \left(\frac{M_{cement}}{\rho_{cement}} + \frac{M_{adalékanyag}}{\rho_{adalékanyag}} + \frac{M_{víz}}{\rho_{víz}} \right) =$$

$$= 1000 - r \cdot (1000 - V_{levegő}) =$$

$$= (1 - r) \cdot 1000 + r \cdot V_{levegő}$$

$$[liter / m^3]$$

Például: ha

$M_{\text{cement tervezett}} = 300\ \text{kg/m}^3$;

$V_{\text{levegő tervezett}} = 20\ \text{liter/m}^3$

$\rho_{\text{friss beton tervezett}} = 2400\ \text{kg/m}^3$;

és $\rho_{\text{friss beton tapasztalati}} = 2300\ \text{kg/m}^3$

akkor

$r = 2300/2400 = 0{,}95833$ **és**

$V'_{\text{levegő tapasztalati}} = (1 - 0{,}95833)\cdot 1000 + 0{,}95833\cdot 20 = 41{,}67 + 19{,}17 = 60{,}84\ \text{liter/m}^3$,

azaz a tapasztalati (tényleges) levegőtartalom a tervezett 2 térfogat% helyett 6,1 térfogat%, és a beton tényleges cementtartalma:

$$M'_{cement} = r \cdot M_{cement} = 0{,}95833 \cdot 300 =$$
$$= 287{,}5 \text{ kg/m}^3$$

Megjegyzés: A friss beton testsűrűségét az MSZ EN 12350-6:2000 szabvány szerint kell meghatározni.

A friss beton levegőtartalmának meghatározása nyomásmódszerrel (MSZ 4714-2:1986)

Egy nyomástartó készülékbe ismert tömegű és térfogatú beton fölé vízréteget öntünk, majd a készülékben meghatározott mértékű légnyomást hozunk létre, majd a túlnyomást fokozatosan megszüntetjük. A nyomás, illetve a térfogat csökkenése a légpórustartalmat adja meg térfogatszázalékban. A módszer legfeljebb 32 mm szemnagyságú betonok vizsgálatára alkalmas.

A készülék lehet „A” típusú, amely víznyomással mű-ködik, és a nyomáscsökkenést méri, vagy „B” típusú, amely levegőnyomással működik, és a térfogatcsökkenést méri. Mindkét típusú mérőeszköznek tartozéka a kalibráló-berendezés.

A vizsgálat előkészítéseként a betont a készülék edényébe kell helyezni, lehetőleg két azonos magasságú rétegben be kell vibrálni, a bevibrált beton felületét simítóléccel, fűrészelő mozdulatokkal úgy kell lesimítani, hogy az edény felső pereméig éppen tele legyen betonnal. Megtisztítás után az edényt a készülék tetejével le kell zárni.

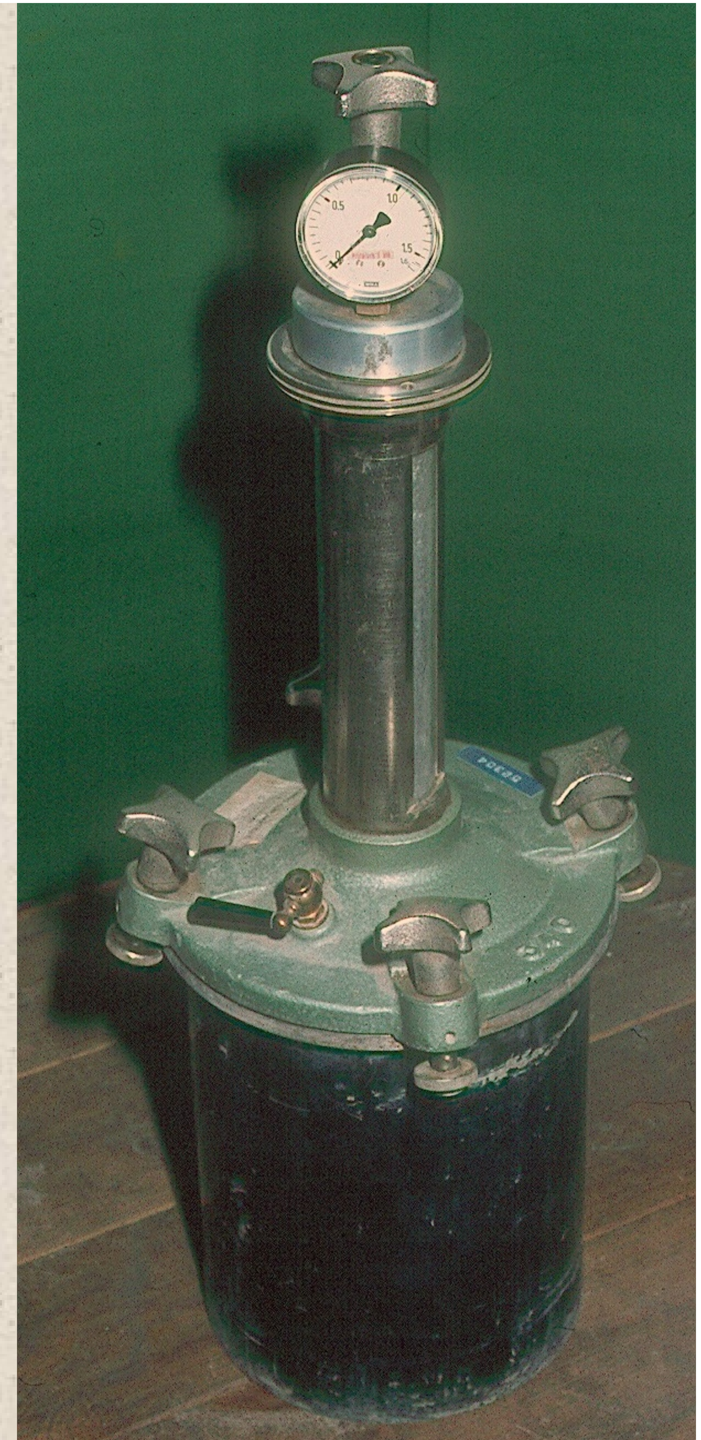
A vizsgálatok eredményét legalább két olyan, egymást követő mérés eredményének számtani átlagaként számítjuk ki, amelyek között az eltérés legfeljebb 0,2 %.

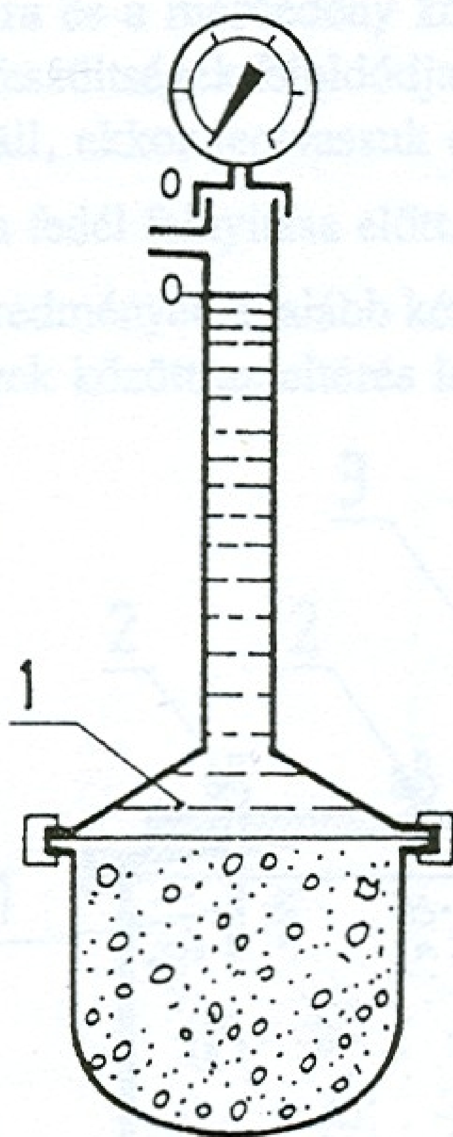
MEGJEGYZÉS: A friss beton levegőtartalmát ma az MSZ EN 12350-7:2000 európai szabvány szerint kell meghatározni, lényegében ugyanúgy (közel hasonlóan), ahogy azt az MSZ 4714-2:1986 szabvány szerint végeztük.

Az európai szabványban németül az „A” típusú készülék a „Wassersäulenmeßgerät” nevet (az eljárás neve: „Wassersäulenverfahren”), a „B” típusú készülék a „Druckmeßgerät” nevet (az eljárás neve: „Druckausgleichsverfahren”) viseli.



A friss beton levegőtartalmának meghatározása
„A” típusú levegőtartalom vizsgáló készülékkel, amely víznyomással működik, és a nyomáscsökkenést méri





2

0

0
1
2
3
4
5
6
7

$A = h_1 - h_2$

h_1

0

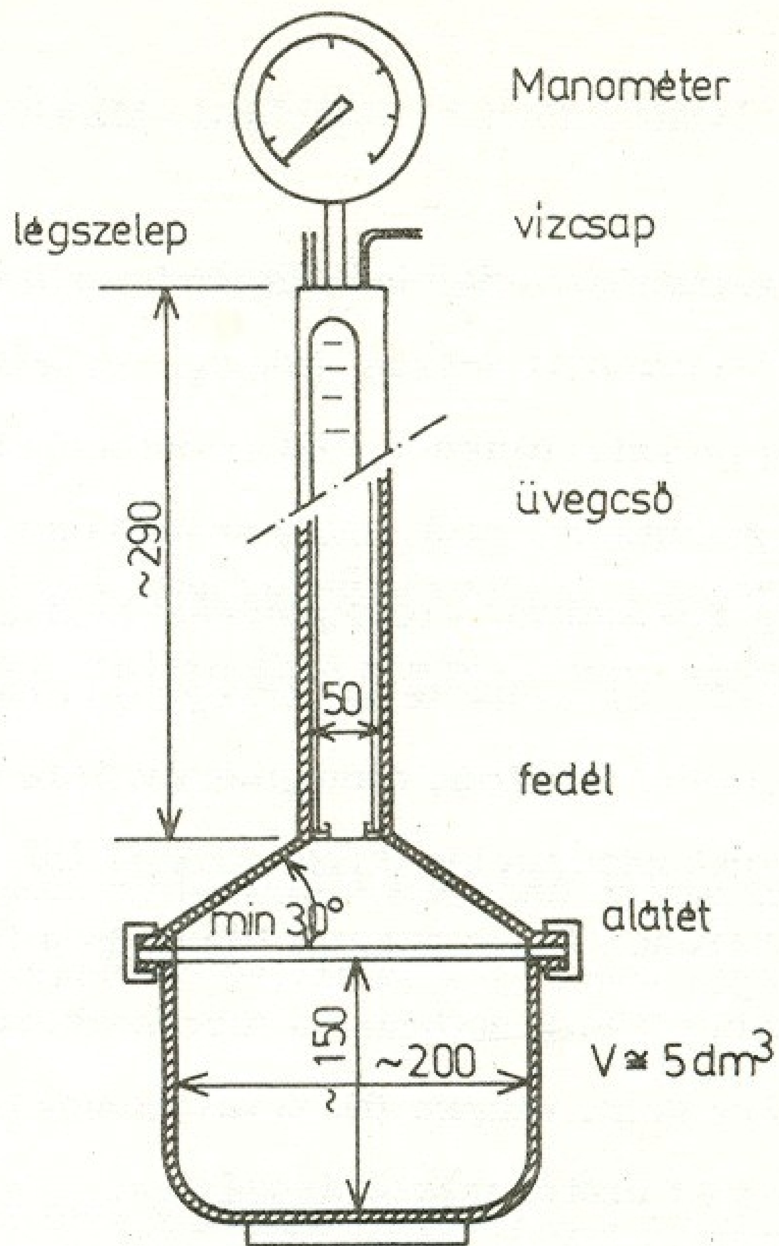
0

h_2

1. Víz
2. Légszivattyú

A típusú készülék

„A" típusú készülék
MSZ 4714-2:1986



ME 19-63 szerinti légpórustartalom
készülék

„A” típusú levegőtartalom vizsgáló készülék ábrája *Weiss György* (1974) könyvéből

A készüléket összeállítás után jelzésig vízzel feltöltjük. A készüléket a függőlegestől mintegy 30° ra megdöntjük, és azzal több teljes kört leírunk, egyidejűleg könnyedén ütögetve a fedelet, hogy a minta felett képződött légbuborékok eltávozzanak. Ezután a berendezést ismét függőleges helyzetbe hozzuk, és könnyedén ütögetve a mérőedény oldalát, azt vízzel feltöltjük úgy, hogy a víz szintje a 0 jelzés fölött legyen. A víz tetejéről a habot eltávolítjuk, hogy éles felszíngörbület képződ-jék. A víz szintjét a cső 0 jelzésére állítjuk a vízoszlop tetején lévő szeleppel. A készülékben a megadott nyomásnál néhány százalékkal nagyobb nyomást létesítünk. A helyi feszültségek feloldása céljából erősen ütögetjük a berendezés oldalát és leolvassuk a h_1 vízszintet. Ezután a vízoszlop tetején lévő szelep segítségével a túlnyomást fokozatosan megszüntetjük és – a mérőedény oldalát egy percig könnyedén ütögetve – leolvassuk a h_2 vízszintet.

A légpórustartalmat térfogatszázalékban (*L*) az alábbi képlettel számítjuk ki:

$$L = h_1 - h_2$$

Ezután a mérést megismételjük anélkül, hogy a vízszint 0-ra állna.

Ha az alkalmazott vizsgálati nyomás mellett a légpórustartalom nagyobb, mint ami a mérőeszköz skáláján mérhető, a vizsgálati nyomást csökkentjük, és a vizsgálatot megismételjük.

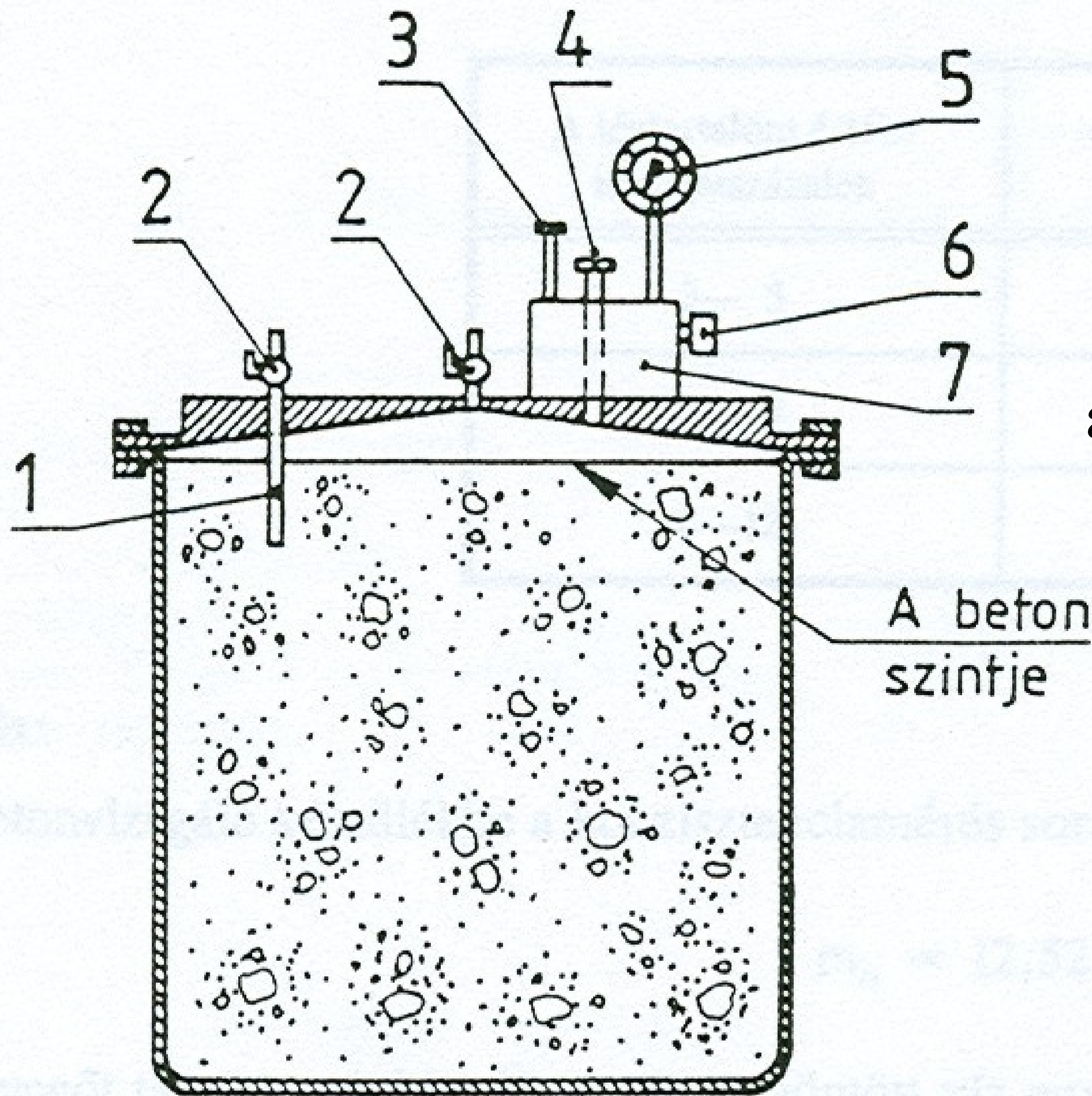
Ha a készülékben lévő nyomást a légszelep segítségével a légköri 1 at nyomásról 2 at abszolút nyomásra növeljük, akkor az üvegcső beosztásán leolvasott Δv térfogatváltozás a légpórustartalom fele ($v/2$). A skálán akkor lehet a levegőtartalmat közvetlenül leolvasni, ha 0,5 cm^3-t jelölnek 1,0 cm^3-rel.



A friss beton levegőtartalmának meghatározása „B” típusú levegőtartalom vizsgáló készülékkel, amely levegőnyomással működik, és a térfogatcsökkenést méri

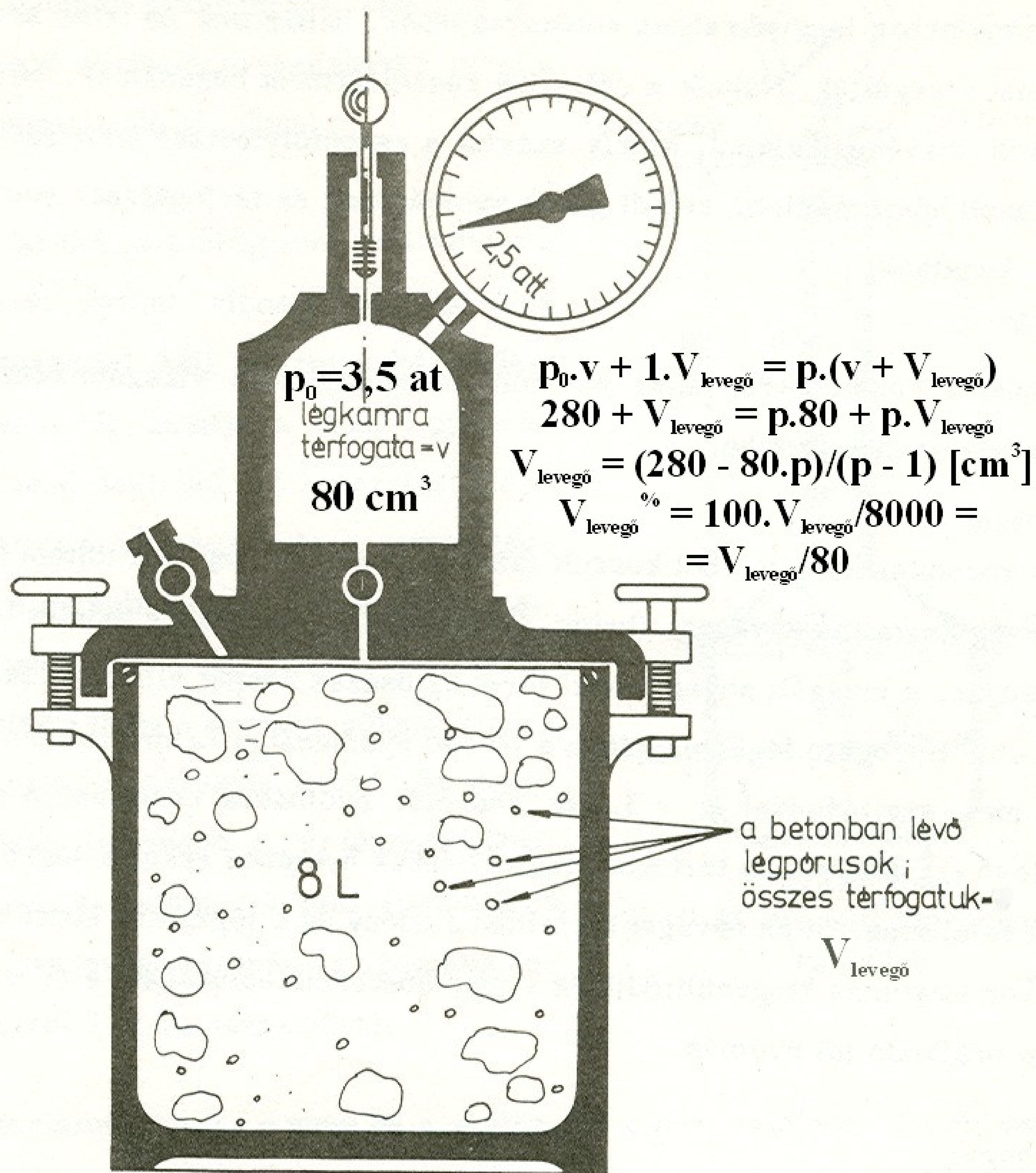


„B” típusú levegőtartalom vizsgáló készülék ábrája az MSZ 4714-2:1986 szabványból



1 Cső kalibrálásához
2 Retesz
3 Légszivattyú
4 Fő légszelep
5 Nyomásmérő
6 Légeltávolító szelep
7 Légkamra

B típusú készülék



Tonindustril gyártmányu levegőtartalom vizsgáló készülék

„B" típusú levegőtartalom vizsgáló készülék ábrája

Weiss György (1974) könyvéből

A készülék összeállítása után <u>elzárjuk a légkamra és a mérőedény közötti légszelepet</u>, és kinyitjuk a fedélen lévő nyílások reteszeit. Ezután a készülékbe az egyik nyíláson keresztül <u>addig töltünk vizet, amíg a víz a másik nyílásnál meg nem jelenik</u>. A készüléket addig <u>rázogatjuk</u>, amíg a minta felett képződött légbuborékok el nem távoznak az edényből.

Ezután a <u>légkamra szelepét elzárjuk</u>, és annyi <u>levegőt nyomunk a légkamrába</u>, hogy a légnyomásmérő mutatója a kezdőnyomás vonalán álljon. 10 másodpercig várunk, majd a mérő mutatóját a kezdeti nyomásértékre visszaállítjuk a levegő be-, vagy kiengedésével. A fedélen lévő mindkét nyílás reteszét lezárjuk, majd <u>kinyitjuk a légkamra és a mérőedény közötti légszelepet</u>. Ekkor a légkamrában és az edényben lévő nyomás kiegyenlítődik.

Ezután erélyesen megütögetjük a mérőedény oldalát, hogy a helyi feszültségek feloldódjanak, majd a nyomásmérőt finoman addig ütögetjük, amíg a mérő mutatója meg nem áll, ekkor leolvassuk a nyomásmérő számlapján a légpórustartalmat térfogatszázalékban.

Mérés után, a fedél felnyitása előtt, a készülékben lévő túlnyomást a két retesz kinyitásával megszüntetjük.

Az eredeti *Tonindustrie* készülék V = 80 cm^3 térfogatú légkamrájában a levegő nyomását a kézi pumpa segítségével p_0 = 3,5 at abszolút nyomásra növeljük. A betonban lévő ismeretlen térfogatú (v) légbuborékok nyomása a légköri 1 at nyomásnak felel meg. A légkamra és az edény összenyitása után a (V + v) össztérfogatban uralkodó nyomás p, amiből a beton levegőtartalma (v) a fenti ábra szerint kiszámítható. Az újabb készülékek manométerének skáláján a p nyomás helyett közvetlenül a levegőtartalom olvasható le.

„B” típusú levegőtartalom vizsgáló készülék



MEGJEGYZÉS

A friss beton megengedett levegőtartalma az MSZ 4798-1:2004 szabvány környezeti osztályai szerint (lásd ott) általában legfeljebb 2 térfogat%, a vízzáró betoné legfeljebb 1 térfogat%. A légbuborékképző adalékszer nélkül készített fagyálló, függőleges felületű betoné (XF1 környezeti osztály) legfeljebb 2 térfogat%, fagyálló, vízszintes felületű betoné (XF3(H) környezeti osztály), illetve fagy- és olvasztósó-álló függőleges felületű betoné (XF2(H) környezeti osztály) legfeljebb 1,5 térfogat% legyen.

A légbuborékképző adalékszerrel készített fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló beton (XF2, XF3, XF4 környezeti osztály) esetén a képzett (bevitt) levegőtartalom - a bennmaradt levegőtartalmon felül - legalább 4 térfogat% legyen (MSZ 4798-1:2004).

A friss beton levegőtartalmát (*légpórus*tartalmát), – amely akaratunk ellenére jön létre –

bennmaradt levegőnek szokás nevezni,

szemben a képzett levegőnek nevezett

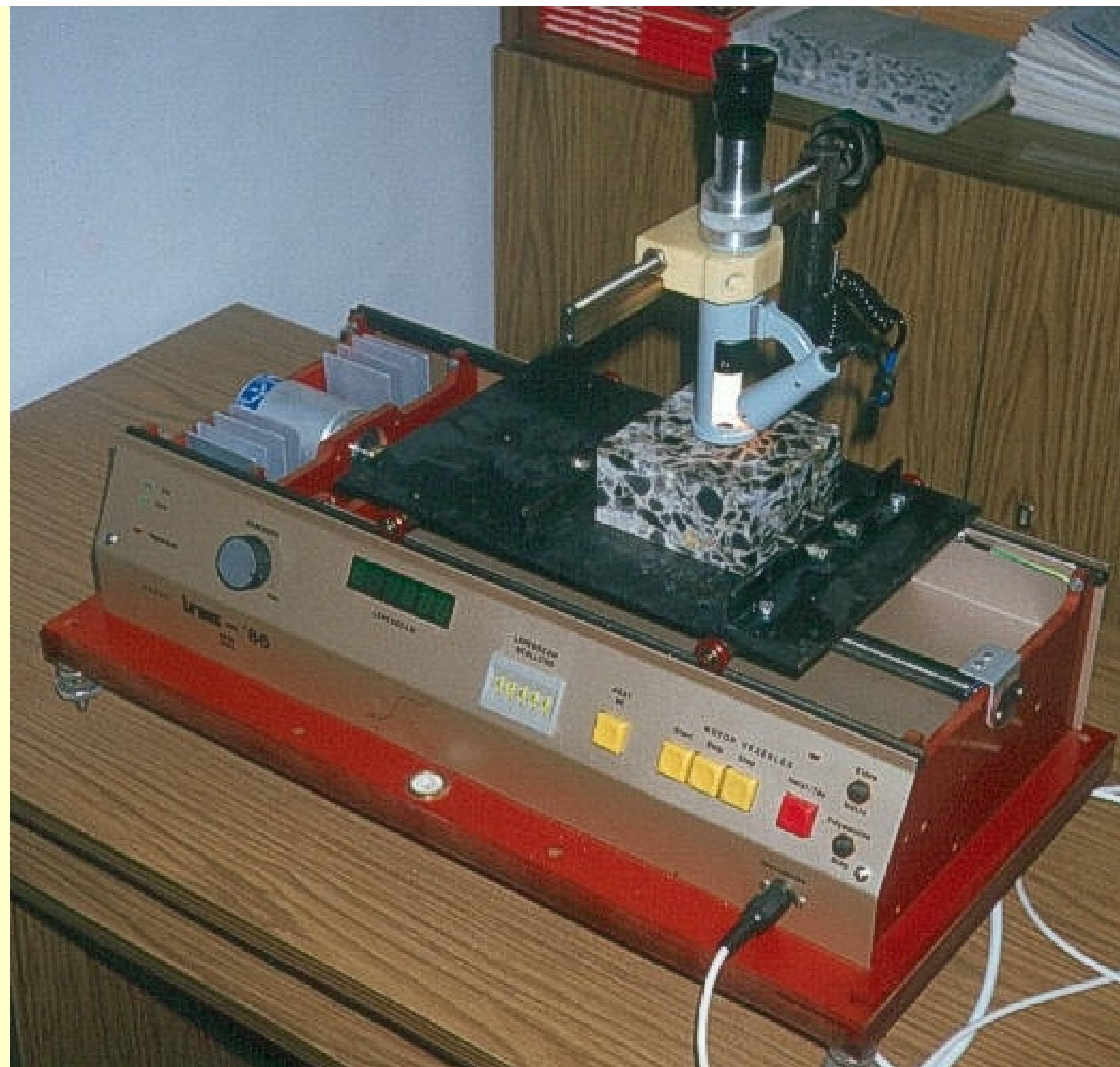
***légbuborék*tartalommal, amelyet légbuborékképző adalékszerrel szándékosan hozunk létre a beton fagy- és olvasztósó-állóságának javítása céljából.**

A légbuborékok gömb vagy közel gömb alakúak, és hatékonynak tekintett átmérőjük jellegzetesen 10 µm és 300 µm kö-zött van (MSZ 4798-1:2004).

KIEGÉSZÍTŐ MEGJEGYZÉS

A megszilárdult betonon a légbuborékok méreteloszlását az MSZ EN 480-11:2006 szerint mikroszkóppal kell vizsgálni. A vizsgálat egyik eredménye a *távolsági tényező*, amely az MSZ 1798-1:2004 szabvány szerint ≤ 0,22 mm kell legyen (MSZ 4798-1:2004).

Az MSZ EN 934-2:2002 szabvány ennél szigorúbb, ugyanis azt a légbuborékképző adalékszert tekinti megfelelőnek, amely ≤ 0,20 mm *távolsági tényezőt* hoz létre. A *beton teljes levegőtartalma* 4-6 térfogat% között kell legyen. 28 napos korban a légbuborékképző adalékszerrel készült *beton nyomószilárdságának* el kell érnie a légbuborékképző adalékszer nélkül készített ellenőrző beton nyomószilárdságának 75 %-át.



25-szörös nagyítású Brinell-mikroszkóp (osztástávolság: 0,05 mm) felhasználásával házilag készített optikai berendezés a légbuborékok eloszlásának meghatározására

Felhasznált irodalom

MSZ 4714-2:1986	A betonkeverék és a friss beton vizsgálata. A betonalkotók mennyiségének, a beton testsűrűségének és légpórustartalmának meghatározása
MSZ 4798-1:2004	Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség. Az MSZ EN 206-1 és alkalmazási feltételei Magyarországon
MSZ EN 480-11:2006	Adalékszerek betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. Vizsgálati módszerek. 11. rész: A megszilárdult beton légbuborék-jellemzőinek meghatározása
MSZ EN 934-2:2002	Adalékszerek betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. 2. rész: Betonadalékszerek. Fogalommeghatározások, követelmények, megfelelőség, jelölés és címkézés. Módosítva: MSZ EN 934-2:2001/A1:2005 és MSZ EN 934-2:2001/A2:2006 szám alatt
MSZ EN 12350-6:2000	A friss beton vizsgálata. 6. rész: Testsűrűség
MSZ EN 12350-7:2000	A friss beton vizsgálata. 7. rész: Légtartalom. Nyomásmódszerek
Weiss György:	Építőipari laboratóriumi méréstechnika és műszerismeret. I. kötet. pp. 187-189. Építésügyi Tájékoztatási Központ, Budapest, 1974.

Köszönöm szépen a szíves figyelmüket